

РАВНОВЕСИЕ ГРУНТОВЫХ И МЕЖПЛАСТОВЫХ ВОД МОЛДОВЫ С МИНЕРАЛАМИ ВОДОВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

А.Н. Тимошенкова¹, К.Е. Морару¹, Е.Ю. Пасечник², О.Г. Токаренко²

¹*Институт геологии и сейсмологии Академии наук, г. Кишинев, Республика Молдова,
E-mail: atimoshencova@gmail.com, cmoraru@yahoo.com*

²*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия,
E-mail: paseyu@yandex.ru, tokarenkoog@yandex.ru*

Аннотация. Рассмотрены результаты расчета равновесия подземных вод Молдовы с ведущими минералами водовмещающих пород в условиях антропогенной нагрузки. В качестве расчетной модели использовалась компьютерная программа HydroGeo. Показано, что система как грунтовые, так и межпластовые воды–горная порода носит равновесный характер с рядом минералов.

Abstract. The equilibrium of groundwater of Moldova with the leading mineral water-bearing rocks in the conditions of anthropogenic activity are carried out. As the calculation model was used the computer program HydroGeo. It is shown that the system as shallow and deep groundwater - rock is in equilibrium with some minerals.

Подземные воды Молдовы подвержены сильному влиянию антропогенной нагрузки. В качестве объектов исследований репрезентативными примерами, с четко выраженной антропогенной нагрузкой, являются грунтовые воды г. Кишинев, и наиболее изученный нижнесарматский водоносный горизонт, который используется для централизованного водоснабжения населенных пунктов и экономических объектов Молдовы.

Методология исследований. В основу работы положены результаты опробования грунтовых вод г.Кишинев, которое проводилось в летние периоды 2012-2013 гг. из 85 источников временного водоснабжения [4]. Для исследования нижнесарматского водоносного горизонта были использованы 148 проб воды.

В основу изучения геохимических процессов в системе вода-порода положены методы равновесной термодинамики гидрогеохимических процессов и анализ элементарных реакций, начальными продуктами которых являются основные породообразующие минералы и вода, конечными – вторичные минералы, а также ионы и нейтральные молекулы, которые перешли в жидкую фазу [1]. Расчеты равновесия проводились по известным методикам, разработанным на базе термодинамики гидрогеохимических процессов [3] с использованием компьютерной программы HydroGeo [2].

Результаты и обсуждение. Выявлено, что грунтовые воды г. Кишинев имеют специфические особенности химического состава. Первой из них является минерализация вод, которая в исследуемых пробах воды варьирует в широком диапазоне – от 0,39 до 2,63 г/л; второй – воды являются преимущественно слабощелочными, пресными, реже слабосоленоватыми, при среднем значении солёности 1,1 г/дм³.

По химическому типу изучаемые воды являются разнообразными. В целом, в г. Кишинев распространены следующие химические типы вод по преобладающему содержанию анионов с различными комбинациями катионной составляющей (по С.А. Щукареву) (в скобках – % от общего числа исследуемых проб по убыванию): *I тип* – HCO₃–Mg–Ca, –Na–Mg–Ca, –Ca–Na, –Na–Mg, реже –Mg–Ca–Na или –Ca–Mg–Na или –

Ca, –Mg и –Na (40 %); II тип – $\text{HCO}_3\text{--SO}_4\text{--Mg--Na}$, –Mg–Ca, реже –Ca, –Na–Ca, –Na–Mg–Ca, –Na–Mg и –Na–Ca (37 %); III тип – $\text{SO}_4\text{--HCO}_3\text{--Ca--Mg--Na}$, –Mg–Ca–Na, –Ca–Na–Mg, –Ca–Mg, –Mg–Ca, –Mg–Na, –Na–Mg (12 %); IV тип – $\text{SO}_4\text{--Ca--Mg--Na}$, –Ca–Mg–Na, –Ca–Na–Mg, –Na–Mg–Ca, –Mg–Na–Ca (6 %). Установлено [6, 7], что источником повышенных концентраций нитратов служит сельское хозяйство.

Подземные воды нижнесарматского горизонта северо-центральной части Молдовы характеризуются показателями минерализации, которые варьируют от 0,48 до 4,64 г/л. Воды являются преимущественно щелочными, слабосоленоватыми и пресными, редко соленоватыми, при среднем значении солёности 1,38 г/дм³. В северо-центральной части Молдовы для нижнесарматского водоносного горизонта эти воды распределены следующим образом: I тип – 57 %; II тип – 27 %; III тип – 11 % и IV тип – 5%. Главными солеобразующими компонентами в этих водах являются гидрокарбонат-ион и натрий. С учетом того, что воды являются преимущественно щелочными (среднее значение pH = 7,95), можно утверждать, что это типичные щелочные содовые воды, которые отличаются местами повышенной минерализацией (75% вод гидрокарбонатного типа, в которых отмечаются низкие содержания ионов кальция и магния в растворе).

Равновесие с кальцитом. Термодинамические расчеты показали, что большая часть исследуемых вод как грунтовых, так и нижнесарматского водоносного горизонта, несмотря на невысокие значения минерализации и содержания кальция, достигают равновесия с кальцитом (рис. 1).

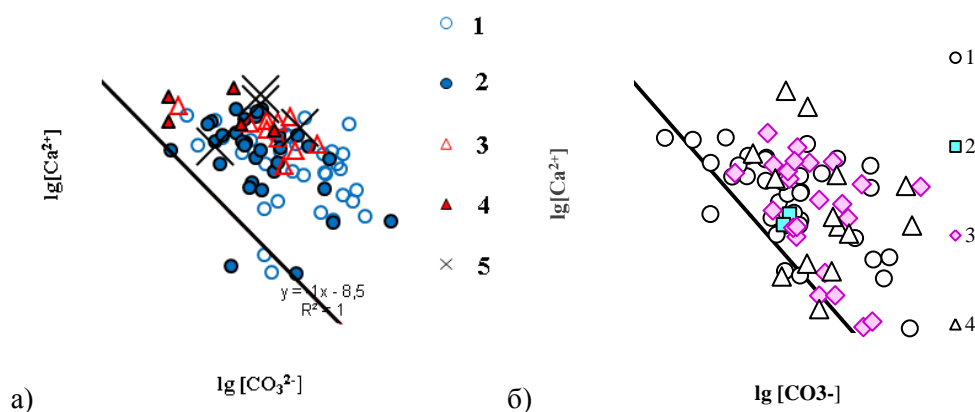


Рис. 1. Диаграмма равновесия а) грунтовых вод г.Кишинев (химические типы вод: 1 – HCO_3 ; 2 – $\text{HCO}_3\text{--SO}_4$; 3 – $\text{SO}_4\text{--HCO}_3$; 4 – SO_4 ; 5 – $\text{NO}_3\text{--HCO}_3$), и б) нижнесарматских подземных вод северо-центральной части Молдовы (химические типы вод: 1 – HCO_3 ; 2 – $\text{HCO}_3\text{--Cl}$; 3 – $\text{HCO}_3\text{--SO}_4$; 4 – $\text{SO}_4\text{--HCO}_3$) с кальцитом при 25°C.

Грунтовые воды с минерализацией более 0,6 г/л и одновременно pH более 7,4, достигают равновесия с карбонатом кальция [5, 8], который в определенных геохимических условиях может не только растворяться, но и высаживаться из раствора в виде вторичного минерала. Незначительная часть вод все же остается недонасыщенной относительно кальцита. Среднее значение минерализации в этих водах составляет 0,4 г/л, содержание гидрокарбонат-иона – 329 мг/л, кальция – 16 мг/л при величине pH 7,7.

В случае с межпластовыми водами, в группу ненасыщенных к кальциту вод входят некоторые воды гидрокарбонатного и сульфатно-гидрокарбонатного типов, со средними показателями минерализации – 1 г/л, содержания гидрокарбонат-иона – 512,2

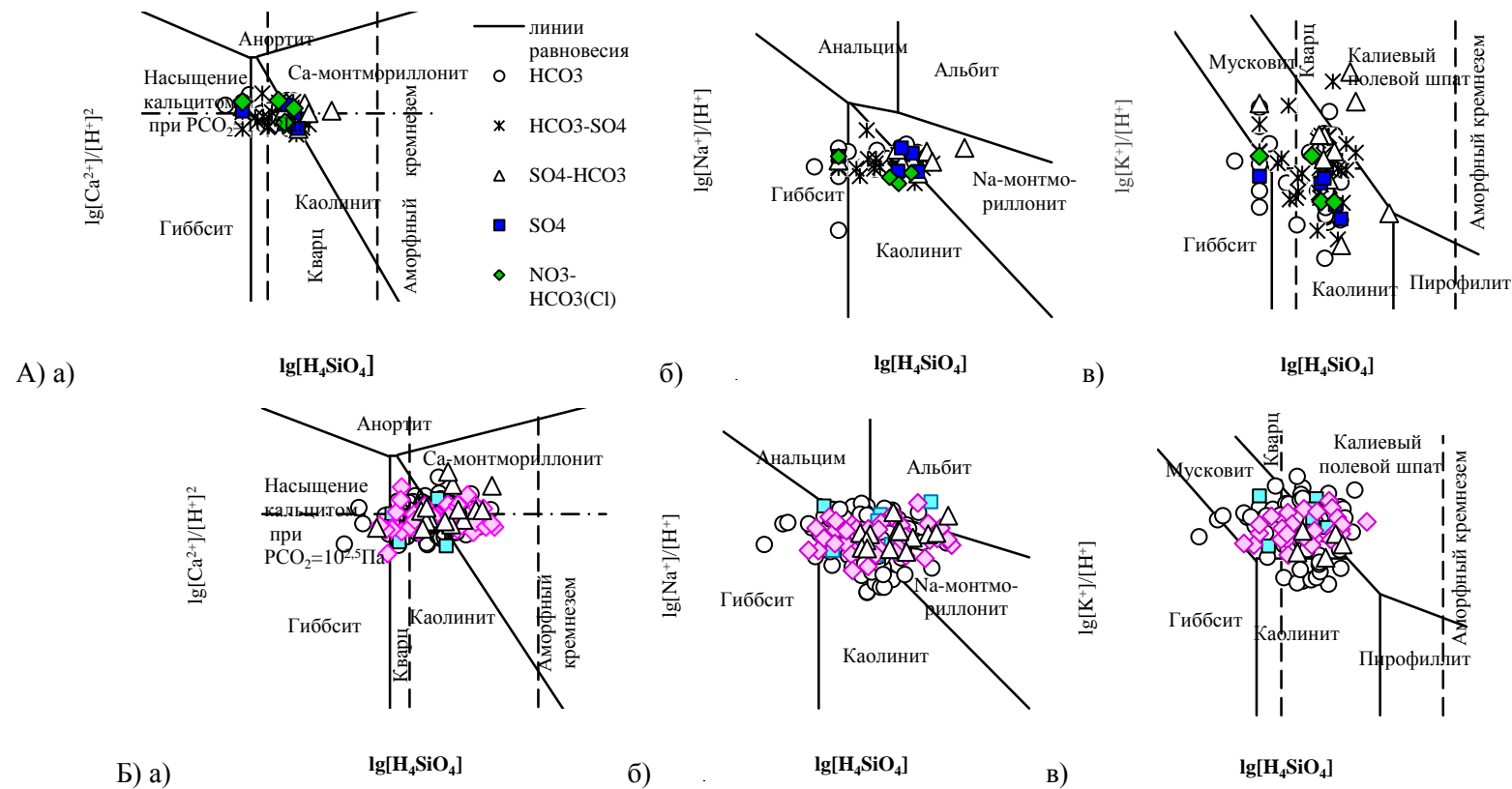


Рис. 2. Диаграммы равновесия А) грунтовых вод г. Кишинев и Б) нижнесарматских подземных вод северо-центральной части Молдовы (условные обозначения см. на рис. 5) с алюмосиликатными минералами при стандартных условиях: а – система $HCl-H_2O-Al_2O_3-CO_2-CaO-SiO_2$; б– система $HCl-H_2O-Al_2O_3-CO_2-Na_2O-SiO_2$; в– система $HCl-H_2O-Al_2O_3-CO_2-K_2O-SiO_2$;

мг/л, кальция – 39,38 мг/л при pH равном 7,37, тогда как у вод, насыщенных кальцитом, средние значения перечисленных параметров отличаются незначительно.

Равновесие с алюмосиликатными минералами. Диаграммы насыщенности грунтовых и межпластовых вод северо-центральной части Молдовы с минералами алюмосиликатных пород показаны на рис. 2. Все без исключения грунтовые воды не равновесны с эндогенными алюмосиликатами (альбит, анортит) и находятся в состоянии равновесия с вторичными минералами (окислами алюминия, каолинитом, монтмориллонитом, кальцитом). Ряд точек на диаграммах равновесия межпластовых вод находится в поле равновесия с анортитом.

При этом в системе $\text{HCl-H}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-CO}_2\text{-Na}_2\text{O-SiO}_2$ (рис. 2 А, б) подавляющая часть точек находится в поле устойчивости каолинита и небольшая часть точек – в поле гиббсита и Na-монтмориллонита. В случае подземных нижнесарматских вод северо-центральной части Молдовы (рис. 2, Б, б), диаграммы отражают, что подавляющая часть точек находится также в поле устойчивости каолинита и Na-монтмориллонита.

Выводы

Не смотря на высокую скорость водообмена и непродолжительное время взаимодействия грунтовых вод г. Кишинев с горной породой равновесие с многими карбонатными минералами все же устанавливается. В результате этого взаимодействия в системе вода-порода большая часть переходящих в раствор элементов связывается вновь образуемыми вторичными минералами: Са – кальцитом и доломитом, Mg – магнезитом, Fe – сидеритом. Данное обстоятельство позволяет изучаемые подземные воды отнести к карбонатобразующему геохимическому типу согласно классификации С.Л. Шварцева [1]. Наблюдаемое равновесие с кальцитом подтверждает наличие раннего этапа эволюции подземных вод, что сопровождается довольно низкими значениями их минерализации (менее 1 г/дм³) в виду наличия гидравлической связи с поверхностными водами и атмосферными осадками. Именно в этих точках равновесие к карбонатам вод сдвигается в сторону недонасыщенности. В некоторых точках достигается равновесие грунтовых вод с гиббситом, Са-монтмориллонитом, Na-монтмориллонитом. Нижнесарматские подземные воды северо-центральной части Молдовы в основном насыщены относительно кальцита. Они равновесны с мусковитом, каолинитом, гиббситом, Са-монтмориллонитом, Na-монтмориллонитом, иллитом и не достигают равновесия с анортитом и анальцитом. Все это указывает на равновесно-неравновесный характер в результате взаимодействия в системе вода-порода и определенный этап ее эволюции.

Литература

1. Алексеев В.А., Рыженко Б.Н., Шварцев С.Л., Зверев В.П., Букаты М.Б., Мироненко М.В., Чарыкова М.В., Чудаев О.В. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода. Т.1. Система вода-порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование. Новосибирск: Изд. СО РАН, 2005. 244 с.
2. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач. Изв. Томского политехнического у-та, 2002, Т. 305, № 6, с. 348–365.
3. Гаррелс Р. М., Крайст Ч. Л. Растворы, минералы, равновесия. М; Мир, 1968, 367 с.
4. Морару К.Е. Гидрогеохимия зоны активного водообмена юго-запада Причерноморского артезианского бассейна (геоэкологические аспекты). М.: Автореф. дисс. д. г.-м. н., 2013, 55с.
5. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза (2-е изд. исправл. и доп.). М.: Недра, 1998, 366 с.
6. Moraru C E Groundwater quality formation in the Moldova Republic under the influence of anthropogenic factors (irrigation, fertilization): Buletinul Academiei de Stiinte a Rep. Moldova, ser. Fizica si Tehnica, 1995, Nr. 1, c. 93-99.

-
7. Timoshenkova A.N., Pasechnik E.Y., Tokarenko O.G. Equilibrium of Groundwater with Carbonate Minerals of the Water-Bearing Rocks under Anthropogenic Impact (by the example of Kishinev, Moldova). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 21. Issue 1, 2014, p. 12-24.
 8. Shvartsev S L 2008 Geochemistry of fresh groundwater in the main landscape zones of the Earth Geochemistry Int., 46, 3, p. 128–139.
 9. Shvartsev S L The system water-rock-gas-organic matter of V Vernadsky. Procedia Earth and Planetary Science 2013 № 7, p. 810-813